

AGÓCS ZOLTÁN

A híd – mérnöki szerkezet vagy szobor?



Agócs Zoltán
hídmérnök

A híd az emberiség egyik legősibb és legnagyobb szerűbb találmánya – amióta az ember csak épít, épít hidakat is. Egy-egy korszak, ország, civilizáció fejlettségét messzemenően jellemzik azok a műszaki, technológiai és esztétikai minőségek, amelyeket hídjaikon látunk és tapasztalunk. Ez az előadás a legkorszerűbb hídszerkezetekről, építési eljárásokról és néhány olyan körülményről szól, amellyel napjaink építetőinek, tervezőinek, építőinek és felhasználóinak kell szembenézniük, amikor csak egy-egy új híd terve felmerül. Korunk tipikus hídmérnökje egyre kevésbé az inkább statikai számításokkal bajlódó építőmérnök; a feladat egyre inkább építészti, művészi tehetséggel is megáldott tervezőt kíván. Sőt manapság mintha a másik irányba mozdulna ki az inga – az esztétikai szempont eluralkodása olykor öncélú, műszakilag indokolatlan és pazarló megoldásokra csábít.

Bevezetés

Külön öröm és megtisztelés számomra, hogy szűk szakmai területemről előadást tarthatok magyar nyelven önöknek. A Pozsonyi Műszaki Egyetem Építőmérnöki Karán az Acél- és Faszervezetek Tanszékének vagyok pro-

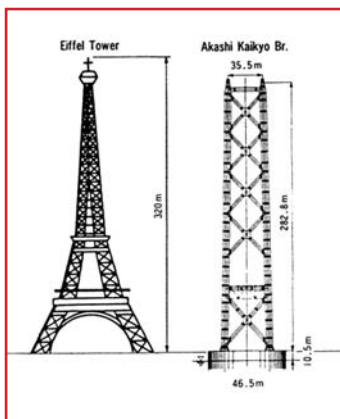
1938-ban született Szlovákiában, 1962-ben diplomázott a Pozsonyi Műszaki Egyetemen. 1982-ben a műszaki tudomány doktora lett.

A Pozsonyi Műszaki Egyetem Építőmérnöki Karán az Acél- és Faszervezetek Tanszékének professzora és több külföldi intézmény vendégtanára. A Mária Valéria híd újjáépítésének egyik kezdeményezője és társtervezője. Részt vett a pozsonyi Duna-hidak és a Dunaújvárosban épülő Duna-híd tervezésében.

Kilencvenegy tudományos és szakmai értekezés szerzője, hatvanegy hazai és negyvenhárom nemzetközi konferencia és külföldi egyetem előadója. Tizenkét egyetemi jegyzet és négy monográfia szerzője vagy társszerzője.

Fő tudományos és kutatási területe a kábelszerkezetek elméleti és szerkezeti kérdései, valamint az acélszerkezetek diagnosztizálása és rekonstrukciója. E témakörökben huszonhárom kutatásban vett részt, vezetőként, illetve társszerzőként.

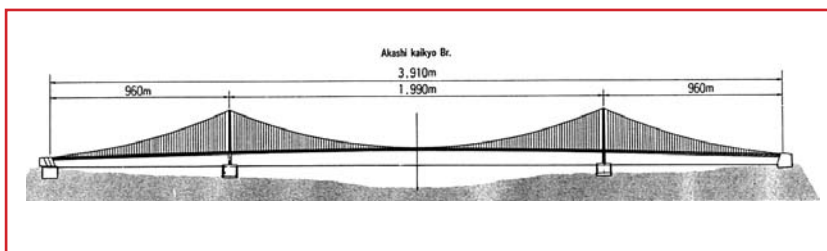
Akashi Kaikyo híd (Kobe, Japán)



Az Akashi Kaikyo híd pilonjának méretei



Az Akashi Kaikyo híd (Kobe, Japán) tervrajza



fesszora. Előadásaimon hallgatóimnak hangsúlyozni szoktam, hogy az acélszerkezetek, nagy fesztávolságú csarnokok, acélvázás felhőkarcolók, magas tornyok, de főleg az acélszerkezetű hidak az adott ország életszínvonalát tükrözik. Ezen belül a kötélszerkezetek meglepte pedig a legmagasabb műszaki fejlettségről tanúskodik.

Ezt főleg Japánban tapasztaltam, amelynek gazdasága világviszonylatban is a legnagyobbak között van.

Ennek bizonyítéka a Kobe város közelében megépült Akashi Kaikyo függőhíd, amelyet 1998-ban adtak át. Ez ma a világ legnagyobb hídja. E hatalmas méretű híd létrehozását majdnem harmincéves előkészítő munka előzte meg. A híd nagyságát néhány műszaki paraméter jellemezheti: a pilonok magassága 282,8 méter, ami az Eiffel-torony magasságának 88 százaléka, a rácsos szerkezetű merevítőgerenda magassága 14 méter, a tartókötelek átmérője pedig 1,1 méter. Ez a kötel 290 pászmából áll, minden pászma 127 darab 5,23 milliméter átmérőjű nagy szilárdságú patentírozott huzalt tartalmaz. A huzalok szakítószilárdsága 1800 MPa, ami körülbelül ötször nagyobb, mint a közönséges szerkezeti acél szilárdsága. Talán e rövid jellemzésből is kitűnik a kötélszerkezetek előnye, amelyek ma a legprogresszívebb szerkezeti típusokat képezik; az elméleti határ a **fesztávolság** esetében ma körülbelül 3000 méter. Ezt a határt főleg a huzalok szilárdsága szabja meg; jellemző, hogy az ismertetett híd esetében a tartókötelet 91 százalékban önsúlyának átvétele veszi igénybe.



Az Akashi Kaikyo híd tartókötelei

Az alapvető híd típusok rövid ismertetése

A következőkben áttekintjük a hidak legfontosabb típusait. Statikai rendszerük szerint lehetnek **egyszerűen megtámasztott tartók**: ezek statikailag határozottak, és a belső erőket az egyensúlyi helyzetekből könnyen meg lehet határozni. A folytatólagos tartók statikailag határozatlanok, és a belső erők (hajlítónyomaték, normál és nyíróerő) meghatározásához előre ismerünk kell a tartó keresztmetszeit, merevségviszonyait. Itt jegyezném meg, hogy az acélszerkezetű hidak tervezése a mérnöki szerkezetek között elméleti szempontból is – de főleg a részletek kidolgozása szempontjából – a legösszetettebb feladatok közé tartozik.

A gerendahidakat használják a leggyakrabban, ezek lehetnek **tömörgerincűek** vagy rácsos szerkezetűek. A főtartók nagyobb magassága esetén a **rácsos tartók** gazdaságosabbak. Ezek a hidak főleg funkcionális követelményeket elégítenek ki, és formai kiképzésük aránylag korlátolt.

Csak nagyon ritkán építenek kerethidakat, használatuk a gerendában fellépő hajlítónyomatékok előnyösebb elosztásához vezet.

A függőhidak előnyei főleg nagy fesztávolságok és sík terep esetében nyilvánulnak meg teljesen (lásd a bevezetőben ismertetett hidat). E híd típus szép példája a budapesti Erzsébet híd is. A **függőhíd** fő ismertetője, hogy a fő tartókötelek rendszerint a legnagyobb mezőben görbe alakúak (kvadrátikus parabola) és diszkrét pontokban a függőleges köteleken keresztül terheltek.

Fesztávolság:

a tartó megtámasztási pontjainak távolsága.

Egyszerű tartó:

a síkban az egyik végén mereven, a másik végén mozgó támasszal megtámasztott szerkezet.

Tömörgerincű tartó:

az alsó és felső öv között tömör gerinc, lemez helyezkedik el.

Rácsos tartó:

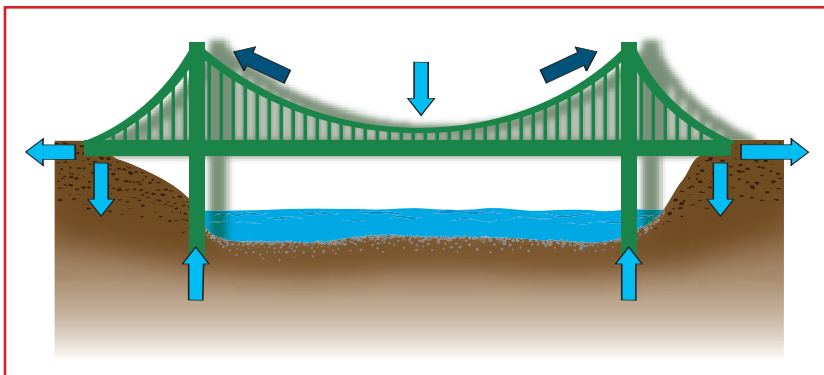
a tömör gerincet az övek között rácsrudak helyettesítik.

Befogott tartó:

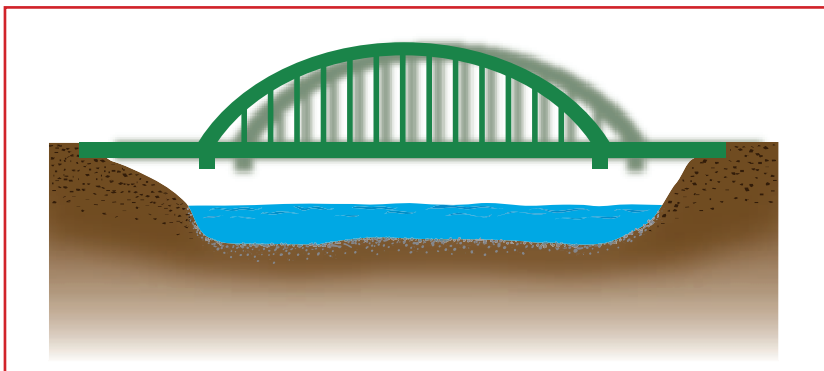
a befogás helyén normál és nyíróerőt, valamint hajlítónyomatékot vesz át.

Függőhíd:

olyan híd, melyen a fő tartókötélt görbe alakú, és a függesztőkkel a végpontok között is terheltek.

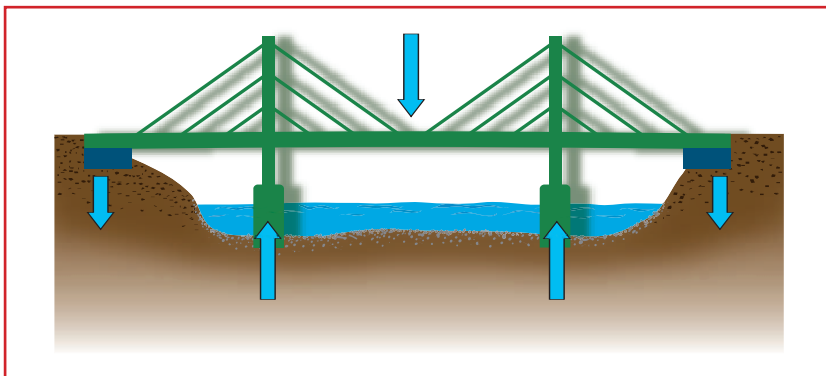


Függőhíd



Ívhíd

Ferdekábeles híd

**Ívhíd:**

a gerenda az ívre van felfüggesztve vagy az ívre támaszkodik.

Ferdekábeles híd:

olyan híd, ahol a ferde tartók tengelye egyenes és a végpontokban is terhelt.

Pilon:

a függő- és ferdekábeles hidak tartóeleme, rajta keresztül vannak a tartókötelek a horgonytömbbe átvetve.

Többféle **ív**hidat ismerünk, erről a továbbiakban még részletesen beszélünk: az előző oldalon egy manapság gyakran használt típus látható, amelyen a merev ívre a főtartó (a gerenda) kötelekkel van felfüggesztve.

A **ferdekábeles** hidak főleg a második világháború után a Rajna-hidak felújításánál terjedtek el. Ma közepes nagyságú fesztávolságok esetében ez talán a leginkább használt híd típus. Magyarország területén egyelőre nem épült ilyen típusú híd, remélhetőleg Budapest területén még ebben az évtizedben megjelenik az első, korunkra olyannyira jellemző ferdekábeles Duna-híd.

Főleg a ferdekábeles és az ívhidakon keresztül szeretném majd a későbbiekben bemutatni a legújabb irányzatokat, és az építészek betörését erre a szent területre, melyet eddig az építőmérnökök őriztek.

Az utóbbi évtizedben új virágzásukat élik azok az ívhidak, amelyeknél a főtartók az ívre (vagy ívekre) kötelekkel vannak felfüggesztve.

A híd koncepcióját befolyásoló peremfeltételek és a hídépítő

A híd koncepciójának kidolgozásánál az építőmérnök szempontjából a funkcionális követelmények az alapvetőek. Mivel a választott témához kötődve csak közúti hidakról beszélünk, ezeket a követelményeket a közlekedési szakember és az idetartozó szabványok határozzák meg. Továbbá figyelembe kell venni a különleges peremfeltételeket: a híd lokalitását, a közeli létesítményeket és a közeljövőben tervezett építményeket, ezek alakját, magassági szintjét, az alapozás lehetőségeit, valamint az új híd hatását a környezetre.

Ezt a kérdést is Japán példájával illusztrálnám, amelynek geográfiai helyzete és természeti adottságai nagymértékben befolyásolják a hídszerkezetek tervezését is. A négy nagy japán szigetet csak szűk tengeri öblök választják el egymástól, a köztük lévő távolság ott sok helyen olyan kicsi, hogy mára már csaknem teljesen összekötötték őket tenger alatti alagutakkal, de főleg impozáns hídszerkezetekkel. Jó példák erre a Honshu–Shikoku-hidak. A Minami Bisan–Seto-hídat 1988-ban fejezték be. A függőhíd középső mezejének fesztávolsága 1100 méter.



*Szigeteket összekötő hídrendszer
Japánban*

Ezen a vonalon figyelemre méltó ferdekábeles ikerhidak is épültek: a Hitsushijima és az Iwakurojima. A belső mező fesztávolsága 420 méter. Itt már különös figyelmet szenteltek a **pilonok** esztétikai megformálásának, alakjuk a hagyományos japán *tsuzumi* dobra és a *kabutónak* nevezett díszes sisakra emlékeztet.

Itt szeretném megemlíteni, hogy Japánban minden figyelemre méltó híd, illetve hídkomplexum közelségében külön kiállítócsarnokok épülnek, ahol megtalálható a híddal összefüggő minden fontos adat, beleértve az építés költségeit is. A japánok ezeket az emlékhelyeket majdnem zarándokhelyként tisztelik; értesüléseim szerint fő céljuk az ország presztízsének növelése. Az említett hidak tervezése, gyártása, alapozása és szerelése a legmagasabb szintű szakértelmet követeli meg.



*Az Iwakorujima és a Hitsushijima
híd Japánban*



Hídépítés Japánban

Építőmérnök, statikus híd-mérnök:

a szerkezeti megoldással és a statikai számítással foglalkozik, főleg a híd biztonságát, gazdaságosságát, célszerűségét és élettartamát garantálja.

Építész:

a hídépítészetben együttműködik a többi alkotóval a híd formájának kialakításánál.

Az elmondottak alapján is szeretném hangsúlyozni, hogy a jelentékeny korszerű, főleg nagy fesztávolságú hidak korunk fejlettségéről tanúskodnak. A jövő generációk aszerint is ítélnék meg majd bennünket, hogy milyen hídszerkezeteket hagyunk rájuk. Ezért a tervezők közös célja olyan híd tervezni, amelynél összhangban van a célszerűség, a biztonság, a gazdaságosság, az esztétikai megjelenés, és amely megfelel a környezetvédelmi követelményeknek.

Sokszor hangsúlyozom, hogy a mérnök, az építőmérnök is alkotásra született. Fő célunk a jó szerkezet, és ebben az alkotóknak partneri viszonyra kell törekedniük. A híd tervezése csapatmunka, ennek ellenére hosszú időn, talán évszázadokon keresztül az **építőmérnök-statikus** szerepe volt a domináns. Fokozatosan kialakult azonban az a vélemény, hogy a vizuálisan fontos, főleg a látványos városi hidak tervezéséhez már a munka kezdetén meg kell hívni az építész is. Ma sok esetben lehetünk tanúi annak, hogy az **építész** esztétikai követelményei – az építtető beleegyezésével – túlnőnek a funkcionális és statikai szempontokon.

Korszerű ferdekábeles hidak értékelése

Napjainkban, a számítógépek világában, a legösszetettebb szerkezet statikai számítása sem jelent problémát. A szerkezetet azonban ma is előre ki kell találni és elképzelni a legapróbb részleteiben. A ferdekábeles hidak esetében alapvető feladat a függesztőkötelek hosszirányú elosztása és a pilon (vagy pilonok) alaki megformálása. Elmondható, hogy a ferdekábeles híd lényegesen gazdagította a korszerű szerkezetek esztétikai megjelenését. Mint új szerkezeti forma, a gerenda- és függőhidak közti hézagot töltötte ki; a ferdekábeles hidak – összehasonlítva a függőhidakkal – egyszerűbbek.

Az építőmérnök és az építész közötti sikeres alkotói együttműködés jó példája a pozsonyi ferdekábeles aszimmetrikus Duna-híd (mai neve Új híd), amely egyedülálló mérnöki alkotás, ugyanakkor magas esztétikai követelményeket is kielégít. 1972-ben adták át a forgalomnak. Ma ez a híd a szlovák főváros újkori szimbóluma, és sok külföldi szakember a világ emlékművei közé sorolja. Az acélszerkezetet tanszékünk tervezte Árpád Tesár professzor vezetésével, az építészcsoporthoz Jozef Lacko professzor vezette.

Itt szeretnék szólni a forma logikájáról. Kutattam a **szimmetrikus** két-pilonos és az egy-pilonos **aszimmetrikus** felfüggesztések hatékonyságát. Az eredmények alapján egyöntetűen a szimmetrikus ferdekábeles hidak a gazdaságosabbak. Ennek ellenére az utóbbi húsz évben számos egy-pilonos híd épült ott is, ahol ez a forma nem indokolt.

A pozsonyi híd esetében a ferde pilon, amely elhajlik a folyó medrétől, a Várhegy vonulatának bizonyos ellenpontját képezi. Egy elképzelt másik pilon a Koronázó Dóm tövében mindnyájunk számára elfogadhatatlan. A híd korszerűségét főleg a középső mező nagy fesztávolsága (303 méter),

illetve az egy síkban való felfüggesztése (ez zárt keresztmetszetű merevítő-tartót követel) jellemzi. A folyó szintje fölött körülbelül 80 méter magasságban a pilon fejére helyezett kávéház és kilátóterasz eleinte sok vitát váltott ki.

Az itt felsorolt jegyek egy későbbi hasonló japán példán is megtalálhatók, csak a Várhegy hiányzik.

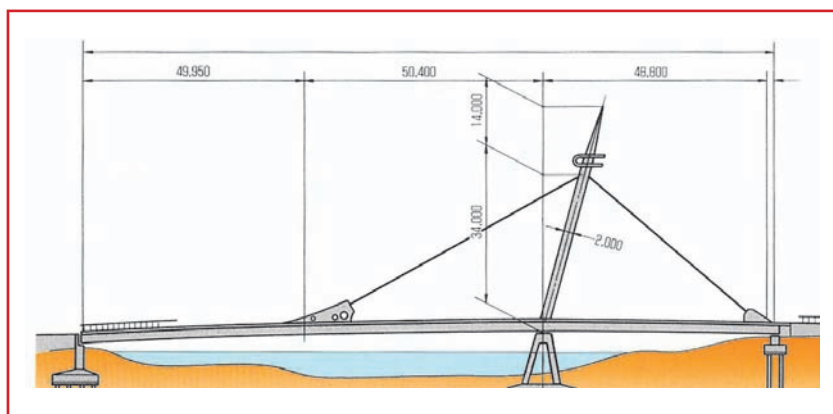
A pozsonyi egypilonos ferdekábeles híd új irányzatot indított el. 1992-ben a sevillai világkiállításra épült például az Alamillo híd. Itt már hiányzik a szélső mezőben a ferdekábel, a mederhíd köteleinek húzóerőit a hatalmas pilon hajlítómerevségével veszi át. Ez az új forma a statikus mérnökök körében heves vitát váltott ki, értékelése nem volt mindig pozitív.

Rotterdamban 1996-ban épült meg az Erasmus híd a Maas folyón. A szerkezet megformálásából kitűnik, hogy nem építőmérnök, hanem építész tervezte. Az előzetes tervben egy szerényebb, kétpilonos ferdekábeles híd szerepelt. A megépült szerkezetnél 139 méter magas törtvonalú pilon van. Éppen a pilon tengelyének törése jelenti a statikai problémát, ami által a belső erők folyása összetettebbé válik. A mederhíd köteleinek megformálásából és a pilon töréséből többletnyomatékok adódnak, melyek nagy tömegű pilontestet igényelnek. A választott hídforma a statikus mérnöknek fejfájást, az építetőnek pedig lényeges többletköltséget okozott.

A különleges, egypilonos ferdekábeles hidak újkori fejlődésének bemutatását az 1998-ban megépült Marian híddal zárhatjuk le. Ez a híd az Elba folyón, Ústí nad Labem városban, Csehországban épült; a középső mező



Az Új híd Pozsonyban



Szimmetrikus ferdekábeles híd:

rendszerint két vagy több pilonos híd, melyen a tartókötelek elosztása hosszirányban szimmetrikus.

Aszimmetrikus ferdekábeles híd:

rendszerint egypilonos híd, melyen a tartókötelek elosztása nem szimmetrikus.

A Kasai Sea híd (Tokió, Japán) tervrajza



Marian híd (Ústí nad Labem, Csehország)

fesztávolsága mindössze 123,3 méter. A híd tervezése során számos variáns megoldással számoltak, az ívhidat is beleértve. A végleges megoldás a tervező mérnökcsoport és a meghívott építész intenzív párbeszédének eredménye. A karcsú gerenda sűrű, legyező formájú kötelekkel függeszkedik a ferde, nagy tömegű, különlegesen megformált pilonra. Hasonlóan az Alamillo hídhöz, itt is elmarad a szélső mezőben a pilont horgonyzó kötél, ráadásul a pilonlábak kereszt irányban is görbültek. A megépített pilon statikailag és esztétikailag is domináns szerepet tölt be, és egészében véve már inkább szobor, mint mérnöki szerkezet. Ez a szerkezet a múlt évtizedben – újszerű megoldása és esztétikai minősége révén – bekerült a világ legelismertebb hídjai közé, az építés anyagi része azonban máig nincs lezárva. Meghívott szakértőként arra a különleges kérdésre is választ kellett adnom, hogy az a híd épült-e meg, amit a város megrendelt. Szerintem a magas ár oka egyrészt a feleslegesen nagyszámú ferde kötél, számításom szerint ezen a fesztávon a fele kötél is elég lett volna. Tudni kell, hogy az acélkötél mint szerkezeti elem ára körülbelül hatszor magasabb, mint a közönséges szerkezeti acélé. Mindent összevetve megállapítható, hogy a különösen nagy többletköltséget a mérnöki szemlélettel ellentétes, magas anyagigényű, szoborszerűen megalkotott pilon jelentette.

A modern ívhidak jellemzése

Tartókötél:

nagy szilárdságú acélhuzalokból összeállított szerkezeti elem.

Az ívhidakat gyakran a függőhidakkal hasonlítjuk össze. Míg a függőhidaknál a gerendát karcsú, majdnem láthatatlan tartókötelekre függesztjük, az ívhidak esetében a gerenda (főtartó) a látszatra nehézkes nyomott ív(ek)re van függesztve. Az első esetben a nagy szilárdságú **tartókötél** húzásra van igénybe véve, és keresztmetszete teljesen kihasználható. A nyomott íveknél mindig fennáll a kihajlás (stabilitásvesztés) esélye, így az ívek anyagigénye mindig jelentős.

Ennek ellenére ma újra gyakran használunk két-háromszáz méteres fesztávolságok esetében tömörgerincű alsópályás ívhidakat, ahol a hajlításban merev ív(ek)re a főtartók kötelekkel vannak felfüggesztve. Ez a híd típus logikus alakjával harmonikusan illeszkedhet be a környezetbe, a részletek precíz és esztétikus megoldása azonban nagy érzékenységet és szakmai tu-

Aki híd (Hiroshima, Japán)



dást követel. Japánban is sok időbe telt, míg a célszerű, sokszor egyhangú megjelenésű hidaktól eljutottak a szobor szépségű megoldásokhoz. Az Aki híd (fesz távolsága 100 méter) esetében a meder feletti ívhíd és a bekötőhíd csatlakozásának megoldása kifogásolható. A két, magasságban és szélességben is eltérő gerenda elhelyezése a mederpillérre zavaróan hat.

Az Aimoto hídnál (fesz távolsága 128,4 méter) a két síkban elhelyezett, egymást keresztező függesztőkötelek kaotikusan hatnak. A Yaniazu híd (fesz távolsága 154 méter) esetében az ívek közötti alsó összekötő keretgerenda alakja túlságosan hangsúlyos, és idegen elemként hat.

A bemutatott példákból is kitűnik, hogy a modern ívhidak tervezésénél és alakjuk megformálásánál fontos szerepet játszik az ívek száma és térbeli elrendezése, az ív magasságának megválasztása, a függesztőkötelek hossz-irányú elrendezése, valamint az íveket összekötő keretgerendák alakja és elosztása.

A nemrégiben épült Shinhamadera hídnál (fesz távolsága 254 méter) a japán tervezők már különös figyelmet szenteltek az említett paraméterek megválasztására. Többféle gerendatípust vizsgáltak; a végleges megoldásnál az ovális alakot tartották a legmegfelelőbbnek. A kapott eredmény: az alapvető igényeket nagymértékben kielégítő, harmonikusan ható korszerű ívhíd.



Az ismertetett példákból látjuk, hogy a tárgyalt híd típus térbeli stabilitása biztosított, ami szép megoldással is párosul.

Az építészeknek az ívhidak területén is sikerült úgy mond „fejre állítani” a piramist. Megépült a York Millennium Bridge, ez az íves gyaloghíd; itt az ív erősen ferde síkban helyezkedik el, ezáltal hatékonysága lényegesen csökken. Ilyen megoldás esetén a gerenda (pályaszerkezet) a függesztőkötelekből eredő vízszintes komponensekkel is terhelt. A következő egyíves ferdesíkú hídnál az ív stabilitását a térben elhelyezett kötelekkel biztosítják. Mindkét megoldás szokatlan, újszerűségük szinte provokálja a megfigyelőt. Ezek a megoldások már a használhatóság határát súrolják, érdekességük magas árat követel.



Aimoto híd (Toyama, Japán)



Yaniazu híd (Fukushima, Japán)

Shinhamadera híd (Japán)



Millennium híd (York)



Ívhíd (Nagoya, Japán)



Ívhíd (Toyota, Japán)

Csak a nagyon gazdag országok és városok – mint például Nagoya – engedhetik meg maguknak azokat az ívhidakat, ahol az ívek csak önmagukat tartják, és egyetlen feladatuk a látványosság növelése.

Az igazán szép modern ívhíd Nagoya közelében Toyotában találtam meg, melynek összehatása annyira harmonikus, hogy közlekedési funkció nélkül is betöltené térformáló monumentum szerepét.

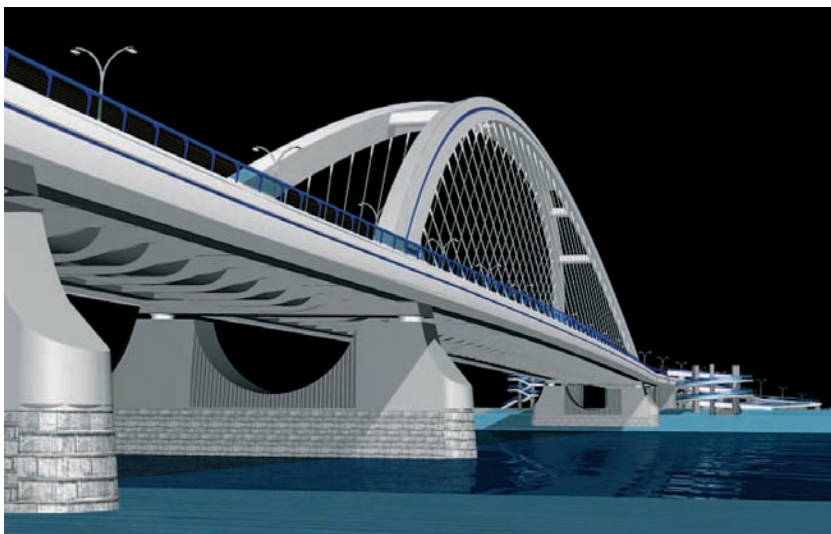
A 2001-ben Krakkóban, a Visztula folyón megépült Kotlarski híd fesz-távolsága 166 méter. Megjelenése hossz- és keresztirányban is szokatlan. Egészében talán egy teknősbéka páncéljára emlékeztet. A tömörgerincű szerkezet merevítőgerendája feszítőmű-rendszerű. Ezt függőleges rudakkal felkötötték a négy párhuzamosan haladó ívre. Ez a híd kétségkívül felhívja magára a szemlélő figyelmét, mérnöki szemszögből azonban talán minden tartóelemből több van rajta, mint kellene. Érdekes és újszerű megoldás, az anyagszükséglet viszont szokatlanul magas, így elgondolkodtató, hogy érdemes-e ennyit áldozni a szépségre.



Kotlarski híd
(Krakkó, Lengyelország)

Az előbbieken részletesen ismertettem a pozsonyi ferdekábeles Új hidat, ami már bekerült a tankönyvekbe. Ez után a híd után megtisztelő, de roppant nehéz feladat hasonló rangú új híd tervezni a Dunán a szlovák főváros számára. Az előzetes tervezési munkák eredményeként itt is ívhíd terveztünk, a mederhíd fesz-távolsága 231 méter.

A most épülő híd a Régi és a Kikötői híd között helyezkedik el a szintén most épülő új Nemzeti Színház közelében. A tervek szerint a közeljövőben alakítják ki Pozsony új városközpontját, melyben majd a magasházak is helyet kapnak. Itt a megválasztott ívhíd semleges alakjával nem befolyásolja a partokon épülő objektumok megformálását. Mivel idővel ez a híd a város központjába kerül, rendkívül figyelmesen kellett az egyes részleteket is ki-képezni. A függesztőkötelek alakja úgynevezett „alsó legyező”, ami talán nem a leghatékonyabb függesztési mód, de oldalnézetből sokkal kevésbé zavaró, mint a sokszor használt kereszteződő kötelek látványa. Az ív és a gerenda formájának dinamikáját színárnyalatban eltérő karcsú sávok is fokozzák. A hídon átvezető mérnöki hálózatok sokasága alulnézetben lágyan for-



Kosická híd (Pozsony, Szlovákia)

mált lemezborítással takart, ami a domborított szegélytartókkal együtt kompakt hatást biztosít.

A híd fő tervezője a Dopravoprojekt Bratislava tervezőhivatal, főmérnöke Miroslav Mataščík. Eugen Chladný professzor kollégámmal a híd acélszerkezetének megtervezésénél működtünk közre szaktanácsadóként.

Örömmel vettem a hírt, hogy a közeljövőben Magyarországon – Dunaújvárosban – is épül a pozsonyhoz hasonló kosárfül alakú modern Duna-híd. Aránylag idős koromban ért az a megtisztelő felkérés a budapesti FŐMTERV részéről, hogy csoportommal független ellenőrző statikai számítást dolgozzunk ki, és szaktanácsadóként részt vegyek a mederhíd acélszerkezetének kiképzésénél. A híd tervezői a FŐMTERV részéről Horváth Adrián és Nagy Zolt; a budapesti testvéregyetem, a BME képviselője Dunai László professzor.

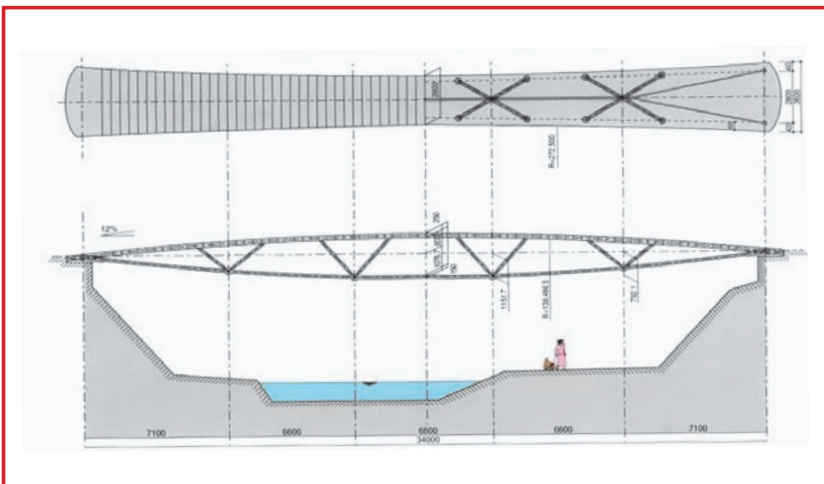
A mederhíd fesztávolsága 307,8 méter, az ívek magassága 48 méter, megépítése után a maga nemében ez a híd világrekordot jelenthet majd. Az ívek itt is egymáshoz hajló ferde síkokban helyezkednek el, a mező végein mereven kapcsolódnak a gerendához. A főtartók, amelyek vonórúdként veszik át a ívek vízszintes erőit, függőleges acélkötelekkel 11,4 méterenként vannak az ívekre függesztve. A pályaszerkezetet a mederhíd teljes hosszában acél ortotróp (ortogónálisan anizotróp) lemez képezi. A híd harmonikus megjelenésével remélhetően elnyeri majd a világszerte ismert budapesti Duna-hidak rangját.

Lehet-e egy kis híd esetében nagyot alkotni?

Egy világszerte ismert japán professzor, Mamoru Kawaguchi, aki több hatalmas csarnokszerkezet alkotott, egyetlen gyaloghíd megtervezésével bizonyította, hogy kis híd esetében is lehet nagyot alkotni. Tervei alapján 1994-ben Beppuban, az ismert fürdővárosban megépült az Inachus híd, amely mindössze 34 méter fesztávolságú, aránylag kisméretű sétálóhíd.



Inachus híd (Beppu, Japán)



A híd lencseszerű alakjával, érzékenyen megválasztott anyagával és szinte óramű-pontossággal kivitelezett részleteivel harmonikusan illeszkedik a számkra talán szokatlanul is szépen kiképzett környezetbe.

A feszítőmű-rendszerű híd felső öve, ami egyben a pályaszerkezetet is képezi, 78 gránitblokkból áll, melyek hosszirányban kötelekkel vannak egymáshoz feszítve. Az alsó övet laposvasakból kiképzett láncszemek alkotják, amelyek a csuklók helyén csapokkal vannak egymáshoz erősítve. A nyomott, csőszerű ingaoszlopok térbeli elhelyezésűek.

Ez a tökéletesen megtervezett és kivitelezett kis híd is hozzájárult ahhoz, hogy napjainkban a függesztőműveket az építészek is elfogadják, sőt mint szerkezetípust kedvelik. A függesztőművek lehetővé teszik, hogy minimálisan szükséges szerkezeti elemből, kisszámú csomóponttal optimális és szép szerkezetet építsünk.

Mivel a hidat elsősorban nem a szépségéért építjük, a társadalomnak, az építetőnek kell meghatároznia, mennyit tud és mennyit érdemes áldozni az esztétikai minőségre. Az amszterdami Erasmus híd esetében a látványos egypilonos megoldás 36 százalékos többletköltséghez vezetett. A sevillai Alamillo híd költségéből majdnem két hasonló feszávolságú hidat lehetett volna megépíteni.

A különleges, ferde síkban fekvő egy ívre függesztett hidak is magas többletköltséghez vezetnek. A legújabb irányzatokat tekintve úgy vélem, hogy a középfeszávolságú látványos hidak esetében az az ésszerű, ha az esztétikai kialakításra szentelt költség nem több 20 százaléknál; hatalmas hidak esetében pedig ne lépje túl a beruházási érték 5 százalékát.

Utaltam rá, hogy – sok egyéb feladathoz hasonlóan – a hídtervezés megoldása is csapatmunkát követel. A sikeres megoldás megkívánja, hogy az együtt dolgozó szakemberek egymást megbecsülve és egymás szaktudását elismerve alkossák meg a minden igényt kielégítő, korszerű hídszerkezeteket.

A Mária Valéria híd

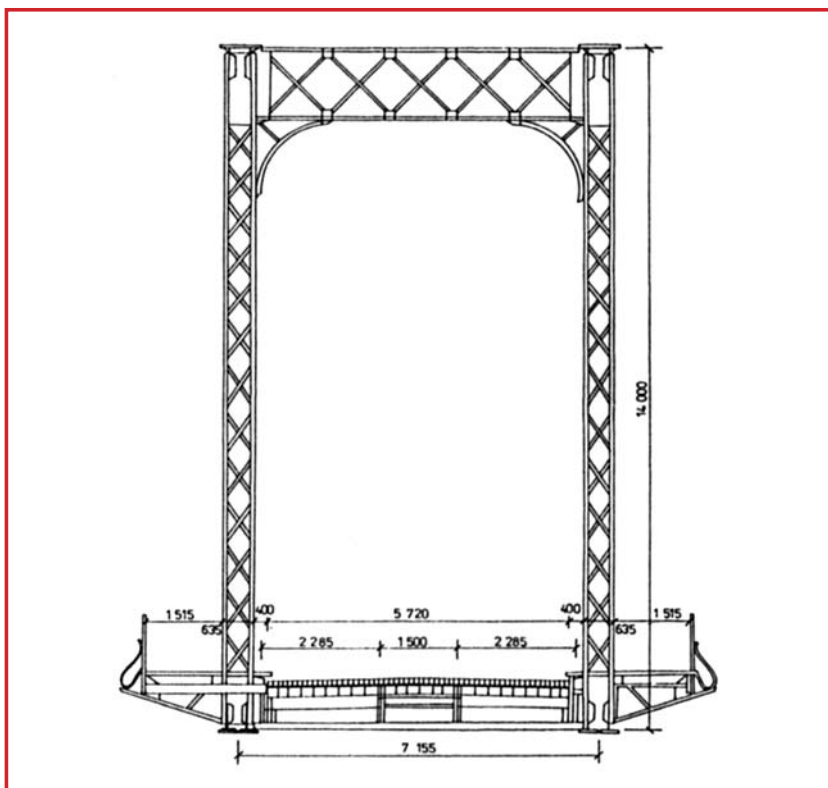
A Párkányt Esztergommal összekötő Mária Valéria híd újjáépítésével 1968-ban kezdtem foglalkozni. Volt egy Mária húgom, aki Párkányban tanított; a másik húgomat Valériának hívják, többek között ezért lett a Mária Valéria híd sorsa szívügyem.

A rendszerváltás után végre az érdeklődés központjába került a Duna egyetlen csonkán maradt hídja is. A második világháború végén a híd felszerkezete a három belső mezőben tönkrement, megmaradtak a mederpillérek, a hídfők és a két szélső, 83,5 méter fesztávolságú mező felszerkezete a Duna két partján.

Egy ilyen, két országot összekötő nagyméretű híd esetében nehéz a csonka híd további sorsáról dönteni. A jövőbe kellett látni; a műszaki szempontokon kívül a politikai, gazdasági és hagyományőrző szempontokat, valamint a híd kivételes helyét – az esztergomi bazilika közelségét – is figyelembe kellett venni.

1990-ben szlovák felkérésre elvégeztem egy átfogó diagnosztikai vizsgálatot. A híd megmaradt részeinek műszaki állapotát felmérve az alábbi következtetéseket vontuk le:

- › az eredeti mederpillérek és a hídfő törzsén komolyabb károsodások nem voltak;
- › a diagnosztikai szemrevételezés, az anyagvizsgálat és az ellenőrző statikai számítások eredményei alapján a híd eredeti acélszerkezete a szélső nyílásokban a továbbiakban fölhasználható.



A Mária Valéria híd keresztmetszete

Ezekből a peremfeltételekből kiindulva a helyreállítási javaslatot négy változatban nyújtottam be. Az első változatban az szerepelt, hogy a híd három hiányzó nyílását az eredeti formában újíttjuk fel. A középső nyílásban kívánatos 100×10 méter méretű hajózási űrszelvény biztosítására az eredeti mederpilléreket magasítani kell. A második és harmadik javaslatban rácsos, illetve tömörgerincű gerendahidak szerepeltek. A negyedik változat – egy háromnyílású, szimmetrikus ferdekábeles rendszer – a hídépítészet korszerű stílusát képviselte. Az eredeti szélső nyílások a háború rossz emlékét idézik. Ezeket később tömörgerincű tartókkal pótolták volna, és a híd elnyerte volna egységes stílusát.

1995-ben végre döntés született róla, hogy a híd eredeti alakjában épüljön meg, új technológiával, felhasználva az eredeti híd megmaradt részeit.

1999-ben a budapesti Pont-terv és a pozsonyi Dopravoprojekt közös tenderben dokumentációt dolgozott ki a híd felújítására. Ennek értelmében a fő műtárgy ötnyílású acélszerkezetű híd, amelynek támaszközei $83,5 + 102,0 + 119,0 + 102,0 + 83,5$ méter nagyságúak. A híd felújításának tervezése során figyelembe vettük az 1895-ben épült eredeti szerkezet felhasználását a szélső nyílásokban szükséges módosításokkal. Az eredeti híd stílusának megőrzése érdekében a tartók gerinclemezében a kivágások olyan alakúak, hogy rácsos tartó benyomását keltsék. A kiszélesített járdák szerkezete alakjában hűen követi az eredeti megoldást.

A három középső nyílásra az eredeti híddal megegyező alakú új szerkezetet terveztünk. A szélső mezőkben az eredeti szerkezetből a főtartókat, a felső és alsó szélrácsokat és a harántmerevítők felső részeit használtuk fel.

2001 őszén végre elkészült a felújított Duna-híd, amely nemcsak a két partot kötötte össze, de a két ország népét is közelebb hozta egymáshoz.

Az előadás kapcsán a múlt év közepén felkértek az Ipoly hidak újjáépítésénél való együttműködésre, valamint a Halászi községben található Mosoni-Duna-híd rekonstrukciója tanulmányterveinek kidolgozására.



Az újjáépült Mária Valéria híd

Ajánlott irodalom

- Agócs Zoltán:* A komáromi közúti Duna-híd diagnosztikai vizsgálatai. Nemzetközi konferencia, 100 éves a komáromi Erzsébet híd. Komárno–Komárom. 1992: 56–61.
- Agócs, Zoltán:* Bridge – an Engineering Structure or Sculpture? XI. Medzinárodná vedecká konferencia, Sborník poíspevkú, Sekce – Nosné konstrukce staveb, Brno ER, október 1999: 41–44.
- Agócs, Zoltán:* Conceptual Design Of Cable – Stayed Systems. IASS – International Symposium, Stuttgart. Case Studies, 1996. Vol. II.: 799–805.
- Agócs, Zoltán:* Danube Bridge Reconstruction between Štúrovo and Esztergom. Proceedings, Design, Construction and Maintenance of Bridges across the Danube. Regensburg: Spriger VDI Verlag, 1998: 260–268.
- Agócs, Zoltán:* Design and Reconstruction of Cable Bridges. Slovak, American Bridge Conference Proceedings, III–263, Bratislava, June 1994.
- Agócs Zoltán:* Ferdekábeles függesztett szerkezetek erőtani vizsgálata. Bp.: BME, 1989.
- Agócs, Zoltán:* From Chain to Cable Structures, from Cables to Chain Members. Proceedings of the IASS – International Symposium 1995 – Milano, Italia, Spatial Structures: Heritage, Present and Future, Tension Structures, 1995. Vol. 2.: 733–740.
- Agócs, Zoltán:* New Branch-chain System, International Colloquium. European Session. Stability of Steel Structures, Budapest, Preliminary Report, 1995. Vol. II.: 323–330.
- Agócs, Zoltán:* Prestressed Space Suspension Cable Systems. Design and Reconstruction, Proceedings of the IAAS International Symposium 97 on Shell and Spatial Structures, Singapore, Nov. 1997.
- Agócs, Zoltán:* Prestressed Space Suspension Cable Systems. In: Publications of the University of Miskolc. Series C. Mechanical Engineering, Miskolc: ME, Vol. 47(1995): 37–45.
- Agócs, Zoltán:* Recontruction of the Esztergom – Štúrovo Danube Bridge from 1895. Proceedings of the IASS – MSU International Symposium, Bridging Large Spans, Istanbul, May 29 – June 2, 2000: 205–215.
- Agócs, Zoltán:* Some Theoretical and Constructional Problems of Cable Bridges. Seminar de poduri. Timisoara: Editura MIRTON, TU 1997: 163–175.
- Agócs, Zoltán–Brodniánsky, Jan:* Branch System as a New Cable Suspension System. The Seventeenth Czech and Slovak International Conference on „Steel Structures and Bridges 94” Proceedings II., 51. Bratislava, Sept. 1994.
- Agócs, Zoltán – Brodniánsky, Jan:* Cable Structures. In: Journal of Constructional Steel Research. Special Issue. Second World Conference on Steel in Construction. San Sebastian, Paper Number 286. Full paper on enclosed CD-ROM-9, Vol. 46(1998): 488.
- Agócs, Zoltán – Brodniánsky, Jan – Chladný, Eugen:* Hängeseil- und Schrägseilkonstruktionen von Fussgänger und Rohrleitungsbrücken. In: Stahlbau 68. Jahrgang, Januar 1999. Heft 1: 51–55.
- Agócs, Zoltán – Chladný, Eugen – Sokol, M. at al.:* Bridge Across the River Danube – Dunaújváros. ZoD 04–010–04, STU, Faculty of Civil Engineering, Bratislava, March 2004.
- Agócs, Zoltán – Majdúch, D. (Agócs, Z. jr.):* Possibilities of the Reconstruction of the Bridge over Danube Štúrovo–Esztergom. International Conference Bridges on the Danube Wien–Bratislava–Budapest, Proceedings, Vol. 1.: 315–325.
- Chladný, Eugen – Agócs Zoltán:* Egy előfeszített gyaloghíd acélszerkezete. In: Mélyépítéstudományi Szemle, 24(1974)8: 372–378.
- Keller, Thomas:* Towers for Cable Stayed Bridge. An Introduction. In: Structural Engineering International, 1998/4: 248.
- Komínek, Milan:* The Marian Bridge. Czech Republic. In: Structural Engineering International, 1998/4: 273–284.
- Reusink, Jaco H. – Kuijpers, Martin L. J.:* Designing the Erasmus Bridge. Rotterdam. In: Structural Engineering International, 1998/4: 275–277.

